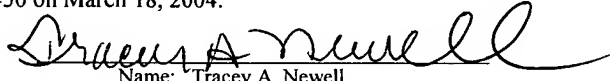


IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of: :
Toshiyuki TAKEWAKI, et al. :
 :
Application No.: To be assigned : Art Unit: To be assigned
 :
Filed: March 18, 2004 : Examiner: To be assigned
 :
For: **SEMICONDUCTOR DEVICE AND METHOD** : Docket No.: PRM-00201
FOR MANUFACTURING SAME

Certificate of Express Mailing

I hereby certify that the foregoing documents are being deposited with the United States Postal Service as Express Mail, in an envelope addressed to Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA, 22313-1450 on March 18, 2004.



Name: Tracey A. Newell
Express Mail Label No.: EV 325286421 US

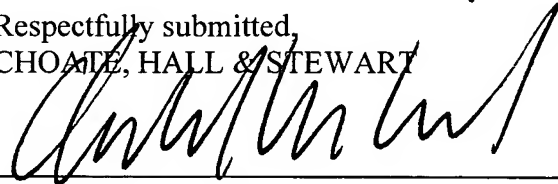
SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop Patent Application
Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Attached hereto is Japanese Application No. 2003-084910, filed March 26, 2003, a priority document for the above-referenced application. Should there be any questions after reviewing this submission, the Examiner is invited to contact the undersigned at 617-248-4038.

Respectfully submitted,
CHOATE, HALL & STEWART



Donald W. Muirhead
Reg. No. 33,978

March 18, 2004
Date

Patent Group
Choate, Hall & Stewart
Exchange Place
53, State Street
Boston, MA 02109-2804

US

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 2 6 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 8 4 9 1 0
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 0 8 4 9 1 0]

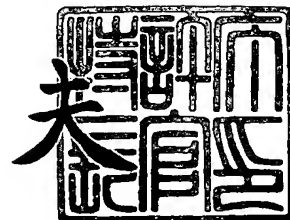
出 願 人 N E C エレクトロニクス株式会社
Applicant(s):

特許庁
JPO

2 0 0 3 年 1 0 月 1 6 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 4 9 9 0



【書類名】 特許願

【整理番号】 74120046

【提出日】 平成15年 3月26日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 21/3205

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地 N E C エレ
クトロニクス株式会社内

【氏名】 竹脇 利至

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地 N E C エレ
クトロニクス株式会社内

【氏名】 小田 典明

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地 N E C エレ
クトロニクス株式会社内

【氏名】 国宗 依信

【特許出願人】

【識別番号】 302062931

【氏名又は名称】 N E C エレクトロニクス株式会社

【代理人】

【識別番号】 100110928

【弁理士】

【氏名又は名称】 速水 進治

【電話番号】 03-3461-3687

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 138392

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0216935

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板上に設けられた配線層と、前記配線層上に設けられた保護膜と、前記保護膜上に設けられた電極パッドと、を含み、前記配線層と前記保護膜との間に、前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を含む酸化防止層を有することを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体装置において、前記配線層が銅含有金属であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載の半導体装置において、前記異種元素は、前記配線層を構成する金属よりも酸化還元電位の低い金属であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の半導体装置において、前記異種元素は、長周期型周期表第 4 族元素または第 6 族元素であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 5】 請求項 4 に記載の半導体装置において、前記異種元素が T i または S i であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 6】 請求項 1 乃至 5 いずれかに記載の半導体装置において、前記保護膜が T i 層または T i N 層を含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 7】 請求項 1 乃至 6 いずれかに記載の半導体装置において、前記酸化防止層は、前記配線層の上部が変性した層であって、前記配線層を構成する元素と前記異種元素とを含むことを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】 半導体基板上に配線層を形成する工程と、
前記配線層上に保護膜を形成する工程と、
前記配線層の表面に、前記保護膜を構成する元素であって、前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を熱拡散させ、前記配線層と前記保護膜との間に酸化防止層を形成する工程と、
前記保護膜上に電極パッドを設ける工程と、
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 9】 半導体基板上に配線層を形成する工程と、

前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を含むプラズマを前記配線層の表面に照射して、前記配線層の表面に酸化防止層を形成する工程と、
前記配線層上に保護膜を形成する工程と、
前記保護膜上に電極パッドを設ける工程と、
を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 10】 請求項 8 または 9 に記載の半導体装置の製造方法において、配線層を形成する前記工程は、銅含有金属層を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 11】 請求項 8 乃至 10 いずれかに記載の半導体装置の製造方法において、前記異種元素は、前記配線層を構成する金属よりも酸化還元電位の低い金属であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 12】 請求項 11 に記載の半導体装置の製造方法において、前記異種元素は、長周期型周期表第 4 族元素または第 6 族元素であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の半導体装置の製造方法において、前記異種元素が Ti または Si であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 14】 請求項 8 乃至 13 いずれかに記載の半導体装置の製造方法において、保護膜を形成する前記工程は、Ti 層または TiN 層を形成する工程を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電極パッドを有する半導体装置およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスにおいて、半導体基板上にパターンニングされた配線構造のうち、最上層の配線に、外部との電氣的接続を確保するための接続用の電極パッドが形成されることがある。以下、電極パッドを有する半導体装置の製造方法の例について説明する。

【0003】

図10および図11は、従来の半導体装置を製造するプロセスの工程断面図である。図10および図11はプロセスの説明に用いる概略図であり、多層膜111等各層の厚さは実際の寸法比とは異なっている。

【0004】

まず、図10(a)に示したように、シリコン基板110上に、配線層及び層間絶縁膜等が積層した多層膜111を形成する。最上層の層間絶縁膜上にCu配線112を形成する。次いで、SiON及びSiO₂を含む2層構造の層間絶縁膜114を形成し、Cu配線112から開口するビアホール122を形成する(図10(a))。

【0005】

つづいて層間絶縁膜114上にTiN膜115、パッド金属膜117およびTiN膜121を順次形成した後、これらをハンダボールの搭載に適した大きさにパターニングし、パッド電極を形成する(図10(b))。

【0006】

次いで、パッド金属膜117を覆うようにポリイミド膜118を形成した後、ポリイミド膜118をパターニングして開口部119を設け、パッド金属膜117の一部を露出させる(図10(c))。その後、開口部119の底部のTiN膜121をウェットエッチングによって除き、図10(d)に示したパッド電極構造を得る。

【0007】

こうして得られるパッド電極の信頼性を向上させる方法としては、従来次のような方法が用いられていた。

【0008】

特許文献1では、銅パッド位置より少しずらしたパッシベーション絶縁膜の位置にAlパッドを形成することにより、また、銅配線中への酸素の透過を抑制することにより、ボンディング時のストレスを低減し、銅配線の劣化を防止する技術が提案されている。これは、図10との対応では、Cu配線112の直上より少しずらした位置にパッド金属膜117を形成することに相当する。

【0009】

また、特許文献2では、銅ボンド・パッド上に不活性合金としてCuTi_x層を形成することにより金属間化合物の形成を抑制し、銅ボンド・パッド上にアルミニウムまたは金の配線を直接ボンディングする技術が提案されている。これを図10の構成に対応させて説明すると、シリコン基板110、多層膜111、Cu配線112、層間絶縁膜114を有し、Cu配線112の表面にCuTi_x層が形成された構成となる。同文献記載のプロセスでは、未反応のTi層は除去され、CuTi_x層がCu配線112の表面に露出している。

【0010】

ここで、半導体ウエハに形成された半導体デバイスの電気的特性検査を行う場合、被測定デバイスの電極パッドに探針プローブを接触させ、検査を行う方法が採用される。すなわち、実際の良品／不良品選別のプロセスにおいては、図10(d)の状態、パッド金属膜117にプローブ用の針を突き当てる方法で特性検査を行う。このとき、従来の半導体装置では、耐衝撃性が充分ではなかったため、プローブをパッド電極の表面に突き当てた際に、パッド金属膜117やその下層のTiN膜115が剥離してしまい、Cu配線112が露出することがあった。

【0011】

特許文献1に記載の半導体装置では、銅配線の上部にTi膜およびTiN膜が形成されているため、ある程度の強度は確保されているが、良品／不良品選別においてプローブを突き当てた場合には銅配線の上層が損傷し、銅配線が露出してしまっていた。

【0012】

このように、図10(d)の状態、Cu配線112が露出すると、大気中の酸素や水によって露出したCu配線112の表面が酸化され、腐食されてしまう。すなわち、Cu配線112表面に銅の酸化膜123が形成される(図11(a))。このため、配線構造が劣化してしまうことがあった。よって、Alパッドの設置位置を配線層の直上から移動させるだけでは、プローブを突き当てた際の銅配線の腐食を抑制することが困難であった。

【0 0 1 3】

また、特許文献 2 に記載の半導体装置は、銅ボンド・パッドの表面に $CuTi_x$ 層を有するため、 Cu の腐食をある程度防止する効果がある。しかし、衝撃に対する機械的強度に優れず、良品／不良品選別においてプローブを突き当てた場合には、銅ボンド・パッドの表面が損傷し、銅が露出してしまっていた。

【0 0 1 4】

このように、銅ボンド・パッドの上部に $CuTi_x$ 層を形成しただけでは、プローブを突き当てた際に銅ボンド・パッドが損傷してしまい、また、同様に腐食が生じていた。

【0 0 1 5】

【特許文献 1】

特開 2 0 0 1 - 1 5 5 1 6 号公報

【特許文献 2】

特開 2 0 0 0 - 9 1 3 4 1 号公報

【0 0 1 6】

【発明が解決しようとする課題】

このように、従来の半導体装置では、良品／不良品選別のプロセスにおける基板の上面方向からの衝撃に対する耐性が充分でなかった。また、衝撃により銅配線が露出した際に、露出した表面の腐食の抑制された半導体装置が求められていた。

【0 0 1 7】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は半導体装置の上面方向からの耐衝撃性を向上させる技術を提供することにある。また、本発明の別の目的は、最上層配線の表面の耐食性を向上させる技術を提供することにある。また、本発明の別の目的は、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の上層に生じる亀裂を抑制する技術を提供することにある。また、本発明のさらにまた別の目的は、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の腐食を防止する技術を提供することにある。

【 0 0 1 8 】

【課題を解決するための手段】

本発明によれば、半導体基板上に設けられた配線層と、前記配線層上に設けられた保護膜と、前記保護膜上に設けられた電極パッドと、を含み、前記配線層と前記保護膜との間に、前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を含む酸化防止層を有することを特徴とする半導体装置が提供される。

【 0 0 1 9 】

本発明に係る半導体装置において、電極パッドは、その後、その上部にハンダボールが形成され、ボンディングパッドが形成されるように構成される。このハンダボールを含む外部電極構造によって、半導体装置は外部回路と電氣的に接続される。

【 0 0 2 0 】

本発明の半導体装置では、配線層の上部に保護膜が形成されているため、機械的強度に優れ、良品／不良品選別用のプローブを突き当てた際の衝撃による損傷が抑制される。また、プローブの接触により配線層の一部が露出した場合であっても、酸化防止層の作用により、配線金属の酸化が有効に抑制される。配線層と保護膜との間に酸化防止層を有するため、プローブを突き当てた際に配線層の上層が損傷して配線層の表面が露出し、大気に接触した場合には、酸化防止層中の、配線層を構成する元素と異なる異種元素が酸化される。このため、配線層の表面に銅の腐食を防止する安定な層が形成され、半導体装置の劣化が抑制される。

【 0 0 2 1 】

以上のように、本発明では、保護膜と酸化防止層の相乗効果により、プローブを突き当てた際の配線層の腐食が防止される。配線層は、たとえば銅含有金属とすることができる。

【 0 0 2 2 】

本発明によれば、半導体基板上に配線層を形成する工程と、前記配線層上に保護膜を形成する工程と、前記配線層の表面に、前記保護膜を構成する元素であって、前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を熱拡散させ、前記配線層と前記保護膜との間に酸化防止層を形成する工程と、前記保護膜上に電極パッドを設

ける工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 0 2 3 】

本発明に係る製造方法は、配線層上に保護膜を形成する工程を含むため、プローブを突き当てた際の耐衝撃性に優れた半導体装置を得ることができる。このため、配線層の上層に損傷が生じ、配線層の表面が露出した際にも、配線層の酸化による腐食が抑制される半導体装置を得ることができる。また、配線層と保護膜との間に、配線層を構成する元素と異なる異種元素を含む酸化防止層を確実に形成することができる。酸化防止層は、異種元素が配線層の表面に拡散して形成された層であってもよいし、配線層を構成する元素が保護膜の表面に拡散して形成された層であってもよい。

【 0 0 2 4 】

また、本発明によれば、半導体基板上に配線層を形成する工程と、前記配線層を構成する元素と異なる異種元素を含むプラズマを前記配線層の表面に照射して、前記配線層の表面に酸化防止層を形成する工程と、前記配線層上に保護膜を形成する工程と、前記保護膜上に電極パッドを設ける工程と、を含むことを特徴とする半導体装置の製造方法が提供される。

【 0 0 2 5 】

本発明に係る製造方法は、異種元素を含むプラズマを前記配線層の表面に照射する工程を含むため、配線層と保護膜との間に確実に酸化防止層が形成される。このため、プローブを突き当てた際に配線層の表面が露出した際にも、配線層の酸化による腐食を抑制することができる。

【 0 0 2 6 】

本発明の半導体装置の製造方法において、配線層を形成する工程は、銅含有金属層を形成する工程を含んでもよい。本発明に係る製造方法は、酸化防止層を形成する工程を含むため、銅含有金属層を配線層とした際の配線層表面の腐食が好適に抑制される。

【 0 0 2 7 】

本発明において、前記異種元素は、前記配線層を構成する金属よりも酸化還元電位の低い金属であってもよい。こうすることにより、プローブを突き当てた際

に配線層の上層が損傷して配線層の表面が露出し、大気に接触した場合には、酸化防止層中の異種元素が優先的に酸化される。このため、配線層の表面に銅の腐食を防止する安定な層が形成され、半導体装置の劣化が抑制される。

【0028】

本発明において、前記異種元素は、長周期型周期表第4族元素または第6族元素であってもよい。たとえば、前記異種元素がTiまたはSiであってもよい。こうすることにより、プローブを突き当てた際に配線層の上層が損傷して配線層の表面が露出し、大気に接触した場合にも、TiまたはSiの酸化膜が優先的に形成されるため、配線層の腐食をより一層確実に抑制することができる。

【0029】

本発明の半導体装置において、前記保護膜がTi層またはTiN層である構成とすることができる。また、本発明の半導体装置の製造方法において、保護膜を形成する前記工程は、Ti層またはTiN層を形成する工程を含んでもよい。保護膜がTi層またはTiN層を含むことにより、保護層の機械的強度が確保されるため、プローブを突き当てた際の配線層の損傷をさらに抑制することができる。

【0030】

本発明の半導体装置において、前記酸化防止層は、前記配線層の上部が変性した層であって、前記配線層を構成する元素と前記異種元素とを含んでもよい。こうすれば、良品／不良品選別検査において配線層表面に露出することにより発生する配線層の腐食をより一層確実に抑制することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、最上層配線の表面に酸化防止層が設けられ、その上部に保護層が形成されたパッド構造の好ましい実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下の実施形態において、製造プロセスの説明に用いる図は概略図であり、各層の厚さは実際の寸法比に必ずしも対応していない。

【0032】

(第一の実施形態)

図1は、本実施形態に係るパッド構造を示す図である。図1に示したように、パッド構造124では、めっき法により成膜されたCu配線112の上部にTi膜116およびTiN膜115がこの順に形成されたTiN/Ti膜125を有している。TiN膜115は機械的強度に優れる膜であるため、良品/不良品選別試験の際には、TiN/Ti膜125がCu配線112の保護膜となる。このため、パッド構造124の良品/不良品選別の際に、プローブをパッド金属膜117に突き当てた際の耐衝撃性に優れた構造となっている。

【0033】

なお、本明細書では、積層された保護膜は、「上層/下層」のように表す。たとえば、TiN/Ti膜125では、Ti膜116が下層となり、TiN膜115が上層となる。

【0034】

また、パッド構造124では、Cu配線112の上面に、Ti-Cu層113が形成されている。このため、プローブを突き当てた際にTiN/Ti膜125にクラックが生じてCu配線112が露出した場合にも、Cu配線112の腐食が抑制される。これは、TiはCuよりも卑な、すなわち酸化還元電位が低い金属であるため、パッド金属膜117が空气中に曝され酸素や水と接触した際に、Ti-Cu層113中のTiがCuよりも優先的に酸化され、Cuの酸化を防止するためである。このように、Ti-Cu層113はCu配線112表面の腐食を防止する酸化防止層としての役割を果たしており、Cu配線112を設けることにより、Cu配線112の表面が腐食されることによる電気的コンタクトの低下が抑制される。

【0035】

Cu配線112およびTiN/Ti膜125の厚さは所定の厚さに設計することができるが、たとえば、Cu配線112の厚さを1.6 μ m程度、Ti膜116の厚さを50 nm程度、TiN膜115の厚さを200 nm程度とすることができる。こうすれば、Cu配線112表面に好適にTi-Cu層113が形成されるとともに、TiN/Ti膜125に好適な機械強度が確保される。

【0036】

また、Ti-Cu層113は、CuとTiとの合金であってもよいし、TiとCuとを含む化合物であってもよい。また、めっき法により形成されたCu配線112の表面のグレインのバウンダリーにTiが拡散した形態であってもよい。Ti-Cu層113中のTiとCuの割合は、Cuの酸化が抑制される範囲で任意に選択することができる。好ましくは、固溶限以下の範囲とする。また、Ti-Cu層113の厚さはたとえば10nm以上とすることができる。こうすることにより、Cuの腐食を確実に抑制することができる。また、20nm以上とすることが好ましい。こうすれば、より一層確実にCuの腐食が抑制される。また、Ti-Cu層113の厚さに特に上限はないが、たとえばCu配線112の厚さの1/2以下とすることができる。こうすることにより、電気抵抗の上昇が好適に抑制される。

【0037】

パッド構造124では、パッド金属膜117の材料として、たとえばAl-Cu合金を用いることができる。また、Al-Ti合金、Al-W合金、Al-Mg合金、Al-Si合金またはAlとしてもよい。保護膜としてTiN/Ti膜125を用い、パッド金属膜117としてAl-Cu合金を用いることにより、パッド金属膜117中のAlの(111)面方向の配向性が良好となる。このため、パッド金属膜117とTiN/Ti膜125との間の導電性が向上するとともに、パッド金属膜117を配線として用いた場合、EM（エレクトロマイグレーション）耐性が向上する。

【0038】

Al-Cu合金を用いる場合、AlとCuの比率はたとえばAl/Cu=50/50~98/2（重量比）程度とすることができる。また、パッド金属膜117の厚さは、たとえば1μm~2μm程度とすることができる。

【0039】

また、パッド構造124において、層間絶縁膜114の材料としては、たとえばシリコン酸化膜や、シリコン酸窒化膜、シリコン窒化膜、各種低誘電率絶縁膜等を用いることができる。

【0040】

次に、図1のパッド構造の製造方法について図2を参照して説明する。図2は、本実施形態に係るパッド構造の製造方法を示す図である。

【0041】

まず、シリコン基板110上に、配線層及び層間絶縁膜等が積層した多層膜111を形成する。最上層の層間絶縁膜上にCu配線112を形成する。次いで、SiON及びSiO₂を含む2層構造の層間絶縁膜114を形成する。そして、パッドビアフォトリソグラフィーおよびパッドビアエッチング工程を経て、パッドビアを開口するビアホール122を形成する（図2（a））。

【0042】

次に、層間絶縁膜114上にTi膜116、TiN膜115、パッド金属膜117およびTiN膜121を順次形成する。ここで、Ti膜116およびTiN膜115が積層したTiN/Ti膜125は、たとえば反応性スパッタにより形成する。そして、パッド金属膜117のフォトリソグラフィーを行い、エッチングによりハンダボールの搭載に適した大きさのパッド電極となるようにパターニングし、パッド電極を形成する（図2（b））。

【0043】

つづいて、不活性ガス雰囲気中で熱アニールを行う。この工程により、Ti膜116中のTiがCu配線112との界面からCu配線112中に熱拡散する。このため、Cu配線112の表面に、Tiの共存するTi-Cu層113が形成される（図2（c））。アニールに用いる不活性ガスは、たとえばH₂ガス、N₂ガス、Arガス等とすることができる。また、アニール条件は、たとえば350～450℃の温度で30分以上の炉アニールとする。また、炉アニールを施す時間の上限は特にはないが、たとえば120分以下とすることができる。

【0044】

このように、後述する電極パッドの形成に通常用いられる加熱条件を上回る条件でアニールすることにより、Ti-Cu層113が確実に形成される。通常行われるボンディング時の加熱では、十分なアニール効果は得られないため、このようなTi-Cu層113を安定的に得ることは困難である。

【0045】

パッド構造 124 においては、図 2 (c) のアニールのステップで Ti-Cu 層 113 が形成される。このアニールに特有の効果により Ti-Cu 層 113 が形成され、Cu 配線 112 の腐食が確実に防止される。また、Cu 配線 112 の表面が腐食しないため、プローブを突き当てた際に、Cu 配線 112 の上層に損傷が生じた際にも、ハンダボール 120 と露出した Cu 配線 112 との間の密着性が向上する。

【0046】

アニールに次いで、カバー膜を形成した後、カバーフォトリソグラフィを経てカバースルーホールを形成する。すなわち、パッド金属膜 117 を覆うようにポリイミド膜 118 を形成した後、ポリイミド膜 118 をパターンニングして開口部 119 を設け、パッド金属膜 117 の一部を露出させる (図 2 (d))。その後、開口部 119 底部の TiN 膜 121 を、ドライエッチングによって除き、アミン系有機溶剤を用いて、パッド金属膜 117 の表面の酸化膜をとりのぞき、図 2 (d) に示したパッド電極構造を得る。

【0047】

本実施形態では、この状態で電気的特性検査を行う。図 2 (d) の状態では、Cu 配線 112 の表面に Ti-Cu 層 113 が形成されている。このため、ボンディングパッドにプローブを突き当てた場合、TiN/Ti 膜 125 やパッド金属膜 117 にクラックが生じて Cu 配線 112 が露出しても、Ti-Cu 層 113 中の Ti が優先的に酸化されて不活性な酸化防止層を形成するため、Cu の腐食が抑制される。

【0048】

良品/不良品選別検査後、開口部 119 にハンダを付着させ、ハンダボール 120 を形成する。こうして、図 1 のパッド構造 124 が得られる。開口部 119 にハンダを付着させるボンディング条件は、たとえば 380℃ にて 5 分程度とすることができる。

【0049】

また、プローブを突き当てた際に Cu 配線の上層が損傷した場合に、たとえば図 3 に模式的に示したパッド構造 124 が得られる。従来の装置では、たとえば

図 11 (b) に模式的に示した構造が得られ、Cu 配線 112 とハンダボール 120 との電氣的コンタクトや密着性が低下してしまっていた。これに対し、図 3 のパッド構造では、Cu 配線 112 の表面に Ti-Cu 層 113 が形成され、Cu 配線 112 表面の酸化が防止されているため、Cu 配線 112 とハンダボール 120 の密着性が良好である。

【0050】

(第二の実施形態)

第一の実施形態においては熱拡散により Ti-Cu 層 113 すなわち酸化防止層を形成したが、酸化防止層を構成する原子を含む物質を最上層配線表面に照射することにより、最上層配線の表面に酸化防止層を形成することもできる。

【0051】

図 4 は、このような方法により形成されたパッド構造を示す図である。図 4 のパッド構造 127 は、図 1 のパッド構造 124 と基本的な構成は同様であるが、酸化防止層の構成材料および形成方法が異なる。以下、図 4 のパッド構造 127 について、パッド構造 124 と異なる部分を中心に説明をする。

【0052】

パッド構造 127 においては、Cu 配線 112 の表面に Si-Cu 層 126 が形成されている。Si は、Cu より卑な金属であるため、Cu 配線 112 の表面に Si-Cu 層 126 が形成されていれば、Cu 配線 112 表面が大気中に曝された際に、Si が優先的に酸化物を形成し、Cu の腐食が抑制される。

【0053】

Si-Cu 層 126 層は、シリサイド化した層であってもよいし、Cu グレインのバウンダリーに Si が拡散していてもよい。Si-Cu 層 126 中の Si と Cu の割合は、Cu の酸化が抑制される範囲で任意に選択することができる。好ましくは、固溶限以下の範囲とする。また、Si-Cu 層 126 の厚さはたとえば 50 nm 以上とすることができる。こうすることにより、Cu の腐食を確実に抑制することができる。また、100 nm 以上とすることが好ましい。こうすれば、より一層確実に Cu の腐食が抑制される。また、Si-Cu 層 126 の厚さに特に上限はないが、たとえば Cu 配線 112 の厚さの $1/2$ 以下とすることが

できる。こうすることにより、電気抵抗の上昇が好適に抑制される。

【0054】

次に、Cu配線112の表面をシリサイド化する場合を例に、パッド構造127の製造方法について説明する。図5は、パッド構造127の製造方法を示す図である。

【0055】

まず、図2(a)と同様に、シリコン基板110上に、多層膜111、Cu配線112、層間絶縁膜114およびビアホール122を形成する(図5(a))。次に、後述する方法により、Cu配線112の表面をシリサイド化する(図5(b))。次に、図2(b)と同様にして、層間絶縁膜114上にTi膜116、TiN膜115、パッド金属膜117およびTiN膜121を順次形成する(図5(c))。そして、図2(d)と同様にしてポリイミド膜118を形成した後開口部119を形成し、パッド金属膜117の表面を露出させ、洗浄液で処理する(図5(d))。そして、開口部119に図1と同様にハンダボール120を形成すれば、図4のパッド構造が得られる。

【0056】

Cu配線112の表面のシリサイド化は、プラズマ照射により行う。たとえば350℃、3torrの圧力で、SiH₄(SiH₄の流量50sccmに対してN₂の流量5000sccm)を20~90秒程度作用させる。こうすれば、Cu配線112の表面にSi-Cu層126としてCuシリサイド膜が確実に形成される。

【0057】

なお、Cu配線112を露出させた後、防食剤で表面を保護し、その後シリサイド化を行ってもよい。このようにすれば、Cu配線112の表面が確実にシリサイド化される。

【0058】

また、プローブを突き当てた際にCu配線の上層が損傷した場合には、たとえば図6に模式的に示したパッド構造127が得られる。図6において、Cu配線112の表面にSi-Cu層126が形成され、Cu配線112表面の酸化が防

止されているため、Cu配線112とハンダボール120の密着性が良好である。

【0059】

また、図4のパッド構造においては、保護膜をTiN/Ti膜125としたが、TiN膜115のみを形成し、これを保護膜としてもよい。

【0060】

以上、本発明を実施形態に基づき説明した。これらの実施形態は例示であり様々な変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0061】

たとえば、上述の実施形態においては、最上層配線としてCu配線112を用いているが、最上層配線の材料は、銅と他の金属との合金等、銅含有金属としてもよい。また、酸化防止層には、銅よりも酸化還元電位が低い、すなわち卑な金属を用いることができる。このような金属として、たとえば長周期型周期表第6族元素や、第4族元素を用いることができる。また、具体的にはTiやSiの他に、たとえばW、Cr、Sn、Sb、Ni、Be、Zr、Hf、Ta、Nb、Co、Pd、Zn、Ge、Al、Mo、V、Mg等を用いることができる。銅または銅含有金属を最上層配線とした場合には、その表面が酸化され、腐食されやすいが、銅よりも卑な金属が酸化防止層に存在するため、大気中に最上層配線の表面が曝された場合にも、その金属が優先的に酸化され、最上層配線の腐食が防止される。

【0062】

また、保護膜としてTiN/Ti膜125を用いているが、下層に銅よりも酸化されにくく、パッド金属膜117中に拡散する金属であればよい。たとえばTa/TaN、W/WN等とすることもできる。

【0063】

また、TiN膜121は、硬い、もしくは、弾性率の高い金属膜であればよく、Ta₂N₃、Ta₂N、WN、W、Mo、TiWなどの膜を用いてもよい。さらに、ポリイミド膜118に代わり、たとえばシリコン酸化膜やシリコン窒化膜を用いて

もよい。

【0 0 6 4】

また、パッド構造 1 2 4 またはパッド構造 1 2 7 を作製する際には、C u 配線 1 1 2 の表面を洗浄液で処理することにより、パッド金属膜 1 1 7 の表面の酸化膜を除去した後、つづいて、パッド金属膜 1 1 7 の表面に対し防食処理を施してもよい。こうすれば、パッド金属膜 1 1 7 表面を好適に抑制することができる。

【0 0 6 5】

【実施例】

(実施例)

本実施例では、ウェハ上に厚さ 1. 6 μ m の銅膜、厚さ約 2 0 0 n m の T i N 層、さらに、5 0 n m の T i 層および厚さ約 1. 2 μ m の A l 膜を設けた構造体を作製した。銅膜は配線層に対応し、A l 膜がパッド電極に対応する。銅膜は、めっき法で作製し、A l 膜はスパッタ法で形成した。T i N 層は反応性スパッタにより形成した。

【0 0 6 6】

得られた構造体を、H₂雰囲気中、4 0 0 °C、3 0 分の条件でアニールした。そして、透過型電子顕微鏡 (T E M) 観察時に供するための P t / C / P t 膜および保護膜を順次形成した。P t / C / P t 膜のうち、C の下層の P t は C V D 法、C は蒸着法、C の上層の P t はスパッタ法でそれぞれ形成した。

【0 0 6 7】

さらに、E D X (エネルギー分散 X 線スペクトロスコピー) により、得られた構造体中の各層の元素分析を行った。

【0 0 6 8】

(比較例 1)

比較として、ウェハ上に厚さ 1. 6 μ m の銅膜、厚さ 2 0 0 n m の T i N 層、厚さ 1. 2 μ m の A l 膜を設けた構造体を作製した。得られた構造体を、実施例と同様の条件でアニールし、実施例と同様にして T E M 観察および E D X 測定を行った。

【0 0 6 9】

(比較例 2)

実施例と同様の構成の構造体を作製した。そして、アニールを施さずに Pt / C / Pt 膜および保護膜を順次形成した。そして、実施例と同様にして TEM 観察および EDX 測定を行った。

【0070】

(比較例 3)

比較例 1 と同様の構成の構造体を作製した。そして、アニールを施さずに Pt / C / Pt 膜および保護膜を順次形成した。そして、実施例と同様にして TEM 観察および EDX 測定を行った。

【0071】

(評価)

図 7 は、得られた構造体の断面の TEM 写真である。図 7 (a) は、比較例 1 の構造体の断面であり、Cu 配線層の表面に新たな層は形成されていない。一方、図 7 (b) は、実施例に係る構造体の断面である。Cu 配線層の表面に、Cu 配線層とは異なる構造の層 (図中の「Ti / Cu Ti」層) が形成されており、この層中で、Cu の粒界に沿って Ti が浸入していることが確かめられた。実施例に係る構造体に形成されていた Cu Ti 層の厚さは 100 nm であった。

【0072】

また、図 8 および図 9 は、実施例に係る構造体の EDX 測定結果を示すスペクトルである。図 8 (a) は図 7 (b) 中の Ti N 層の測定結果を示し、図 8 (b) は、図 7 (b) 中の Ti / Cu Ti 層の測定結果を示す。さらに、図 9 (c) は、図 7 (b) 中の Cu 層の測定結果を示す。図 8 (a) ~ 図 9 (c) より、Ti / Cu Ti 層は Ti N 層および Cu 層のいずれとも構成元素の組成が異なり、Ti と Cu を含む層であることが確かめられた。また、Ti / Cu = 1 / 1 程度 (原子比) であった。

【0073】

また、比較例 2 および比較例 3 の構造体についても同様に TEM 観察および EDX 測定を行ったところ、比較例 1 と同様に、Cu 配線層の表面に Cu Ti 層が形成されていないことが確かめられた。

【0074】

以上の結果から、Cu配線層の上部にTi層を形成し、そして保護膜を形成した後アニールを施すことにより、Cu配線層とTiN層との間にTiとCuを含む層が形成されることが確かめられた。

【0075】

【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、半導体装置の上面方向からの耐衝撃性を向上させることができる。また、本発明によれば、最上層配線の表面の耐食性を向上させることができる。また、本発明によれば、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の上層に生じる亀裂を抑制することができる。また、本発明によれば、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の腐食を防止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本実施形態に係るパッド構造を示す図である。

【図2】

本実施形態に係るパッド構造の製造工程を示す図である。

【図3】

本実施形態に係るパッド構造を示す図である。

【図4】

本実施形態に係るパッド構造を示す図である。

【図5】

本実施形態に係るパッド構造の製造工程を示す図である。

【図6】

本実施形態に係るパッド構造を示す図である。

【図7】

実施例の結果を示す図である。

【図8】

実施例に係る構造体のEDX測定結果を示すスペクトルである。

【図 9】

実施例に係る構造体の E D X 測定結果を示すスペクトルである。

【図 1 0】

従来の半導体装置の製造工程を示す図である。

【図 1 1】

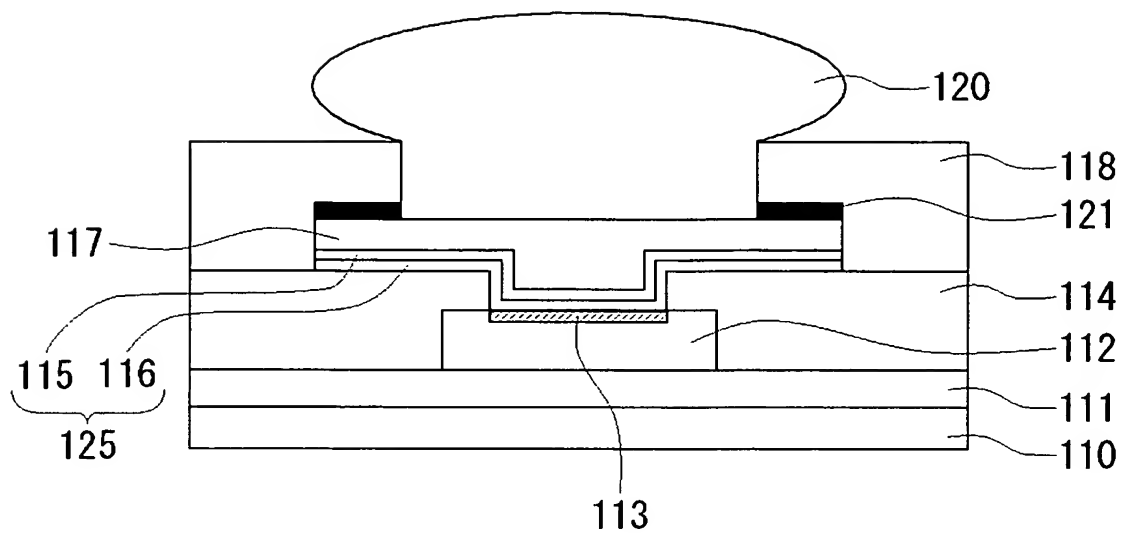
従来の半導体装置の製造工程を示す図である。

【符号の説明】

- 1 1 0 シリコン基板
- 1 1 1 多層膜
- 1 1 2 C u 配線
- 1 1 3 T i - C u 層
- 1 1 4 層間絶縁膜
- 1 1 5 T i N 膜
- 1 1 6 T i 膜
- 1 1 7 パッド金属膜
- 1 1 8 ポリイミド膜
- 1 1 9 開口部
- 1 2 0 ハンダボール
- 1 2 1 T i N 膜
- 1 2 2 ビアホール
- 1 2 3 酸化膜
- 1 2 4 パッド構造
- 1 2 5 T i N / T i 膜
- 1 2 6 S i - C u 層
- 1 2 7 パッド構造

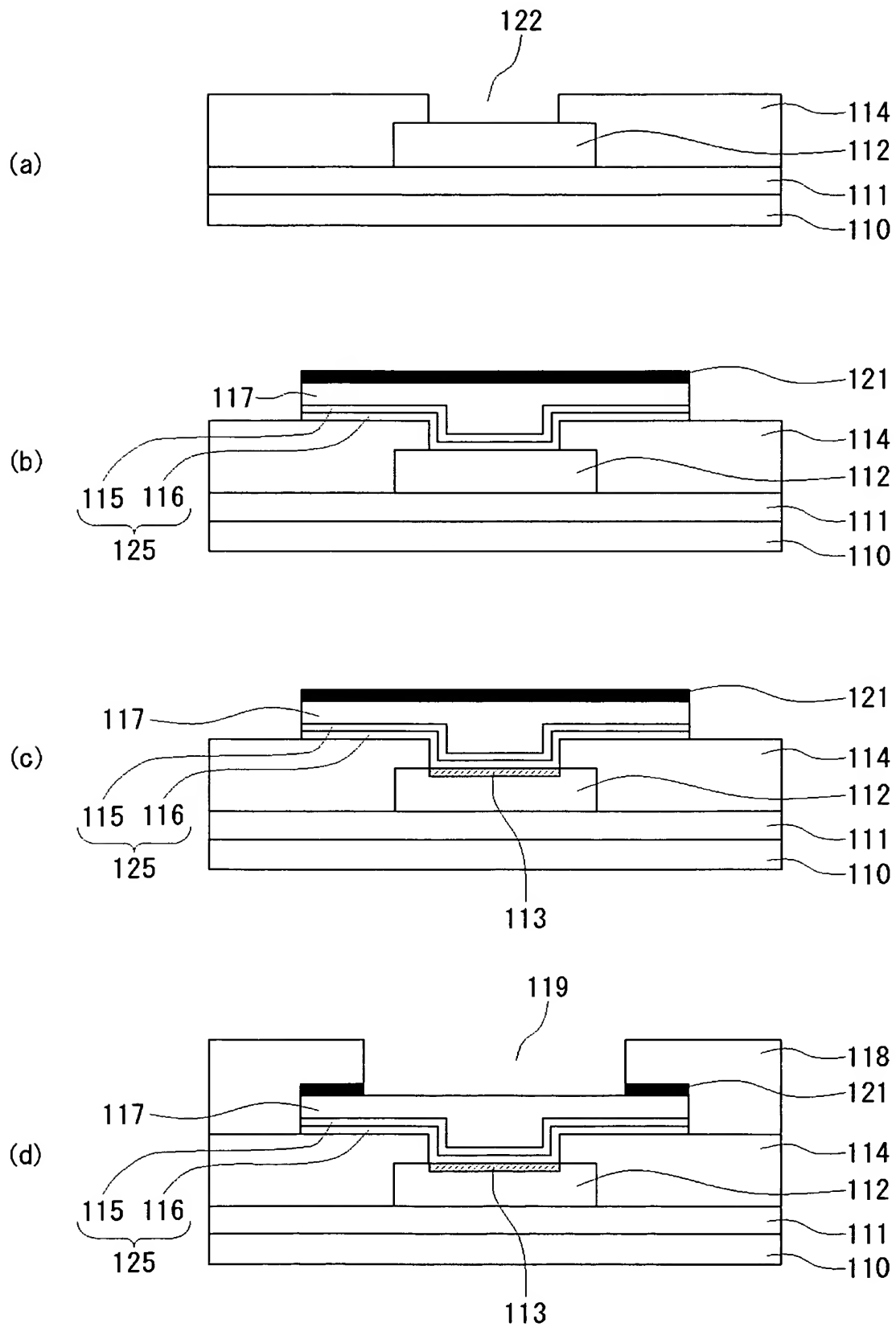
【書類名】 図面

【図 1】

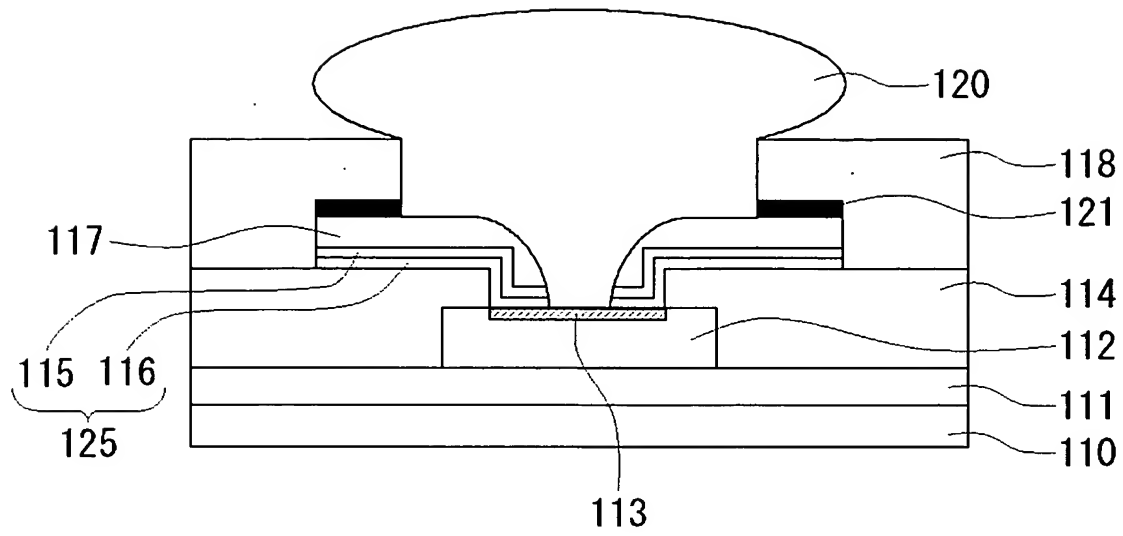


124

【図 2】

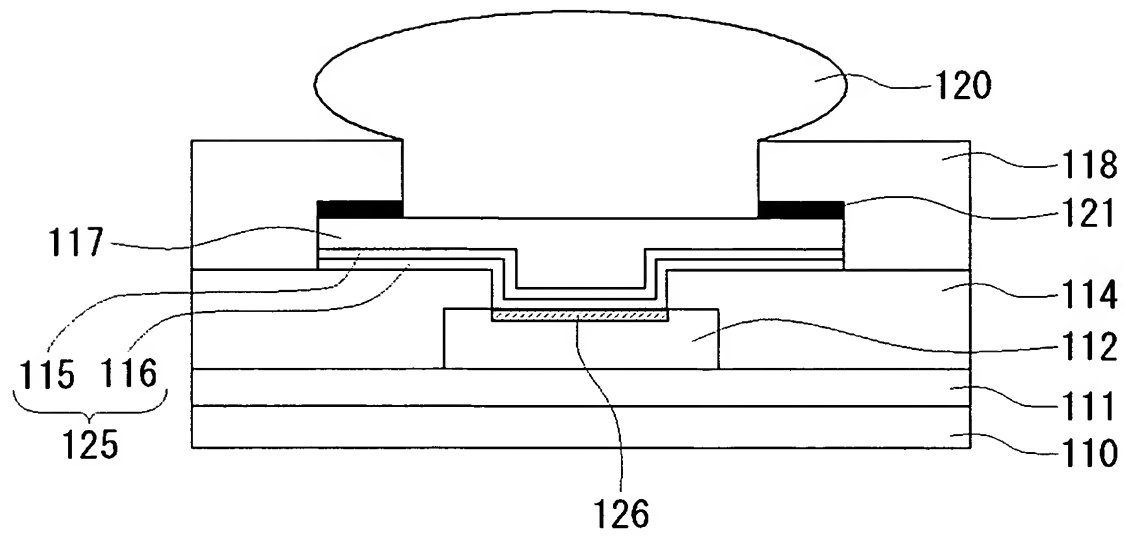


【図 3】

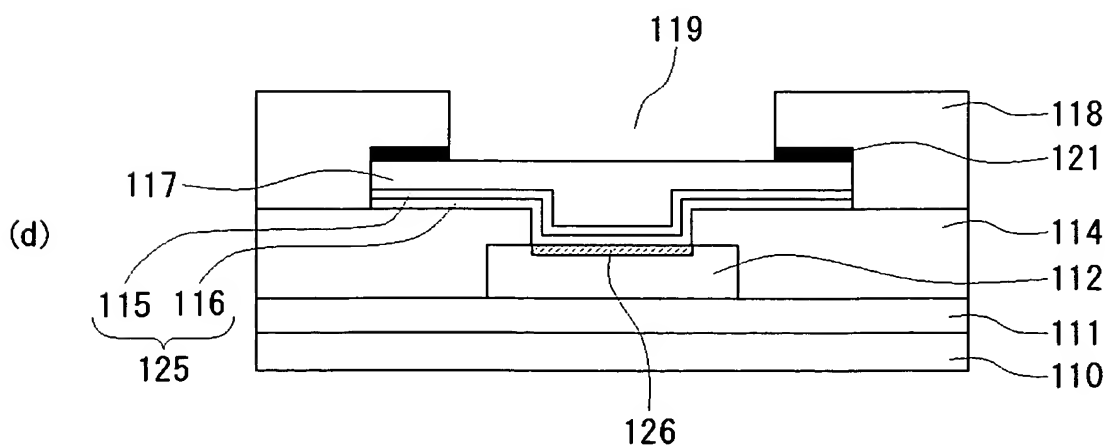
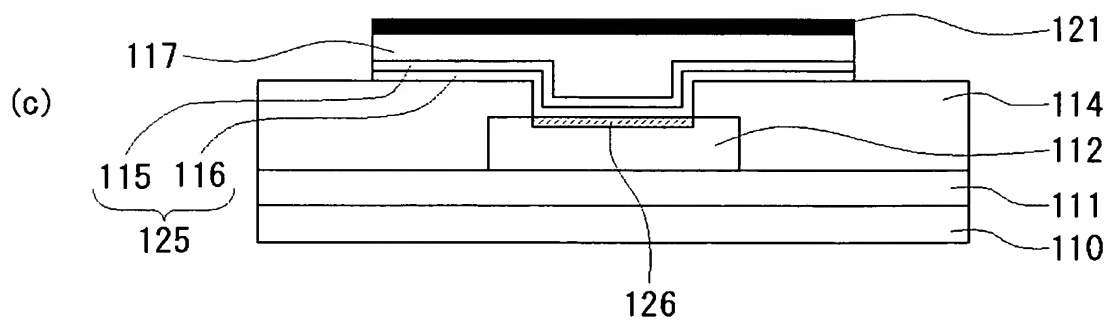
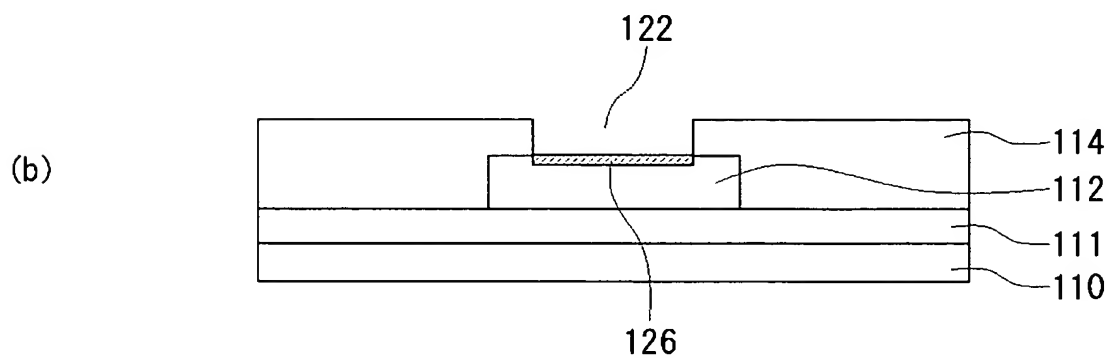
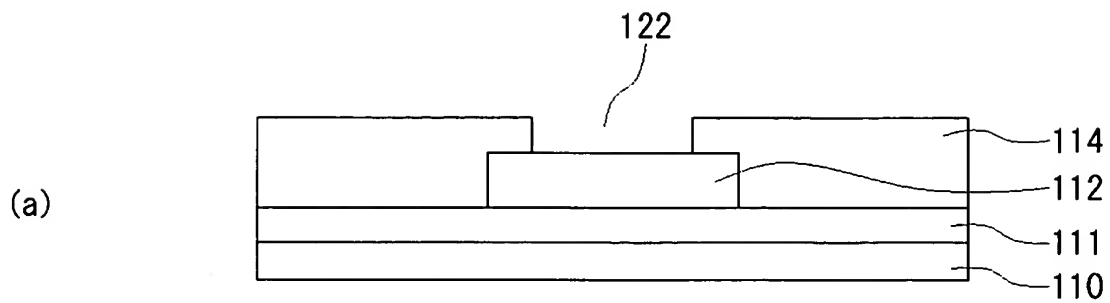


124

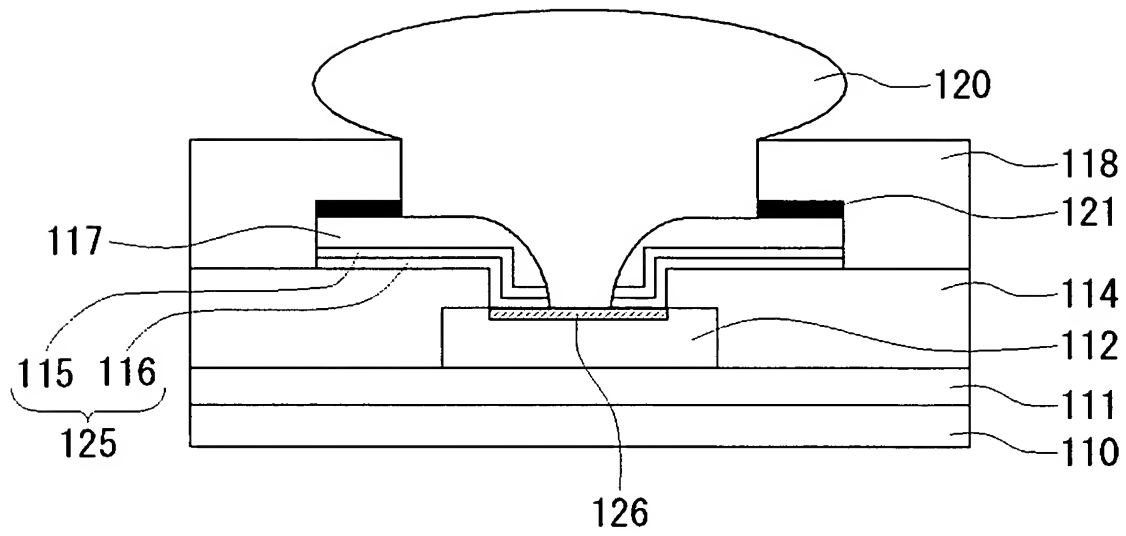
【図 4】



【図 5】

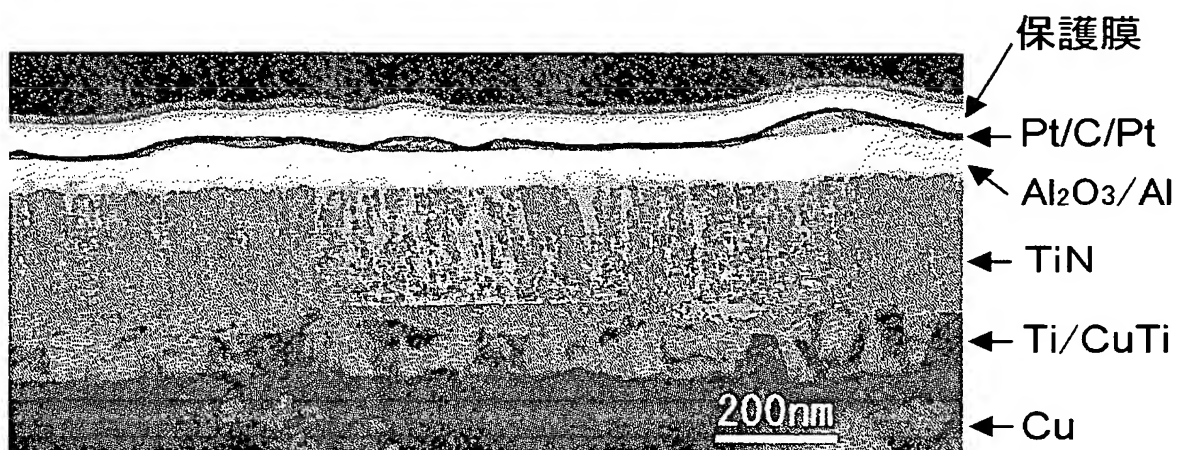
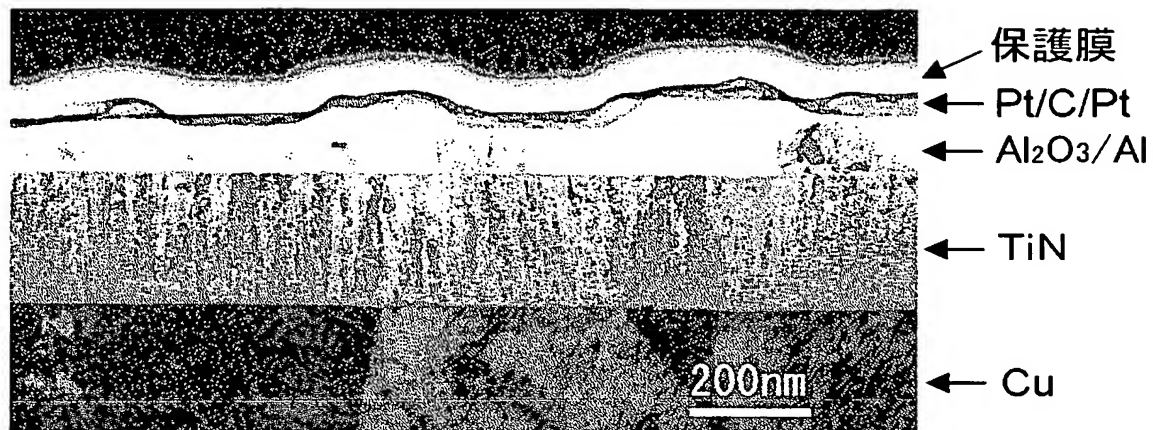


【図 6】



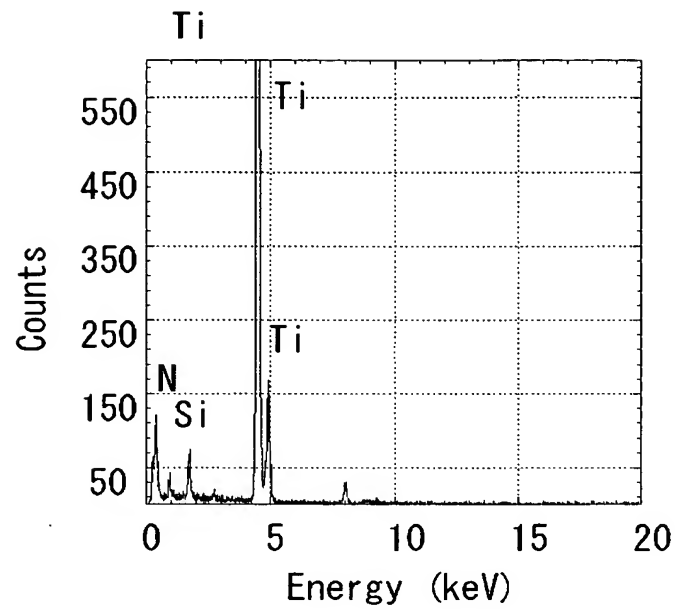
127

【図 7】

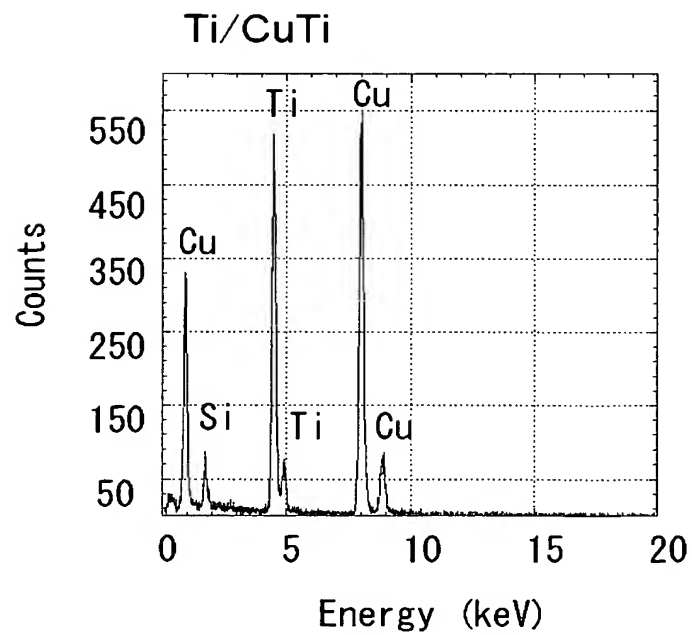


【図 8】

(a)

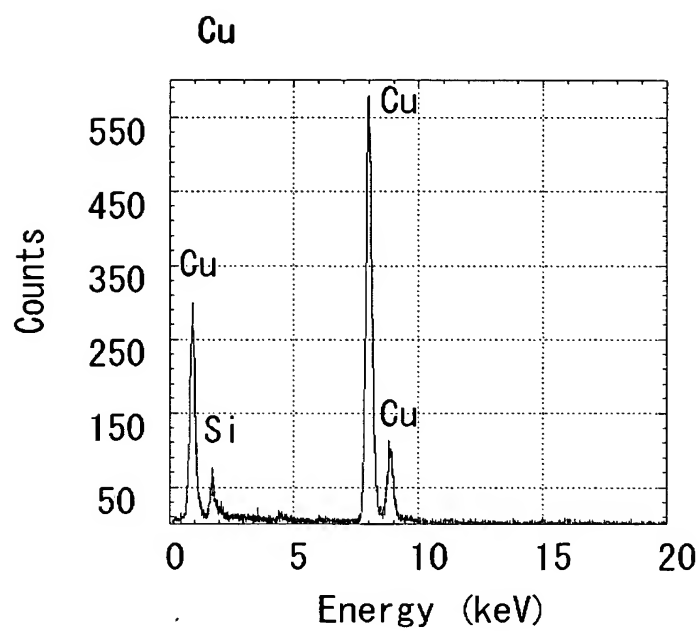


(b)

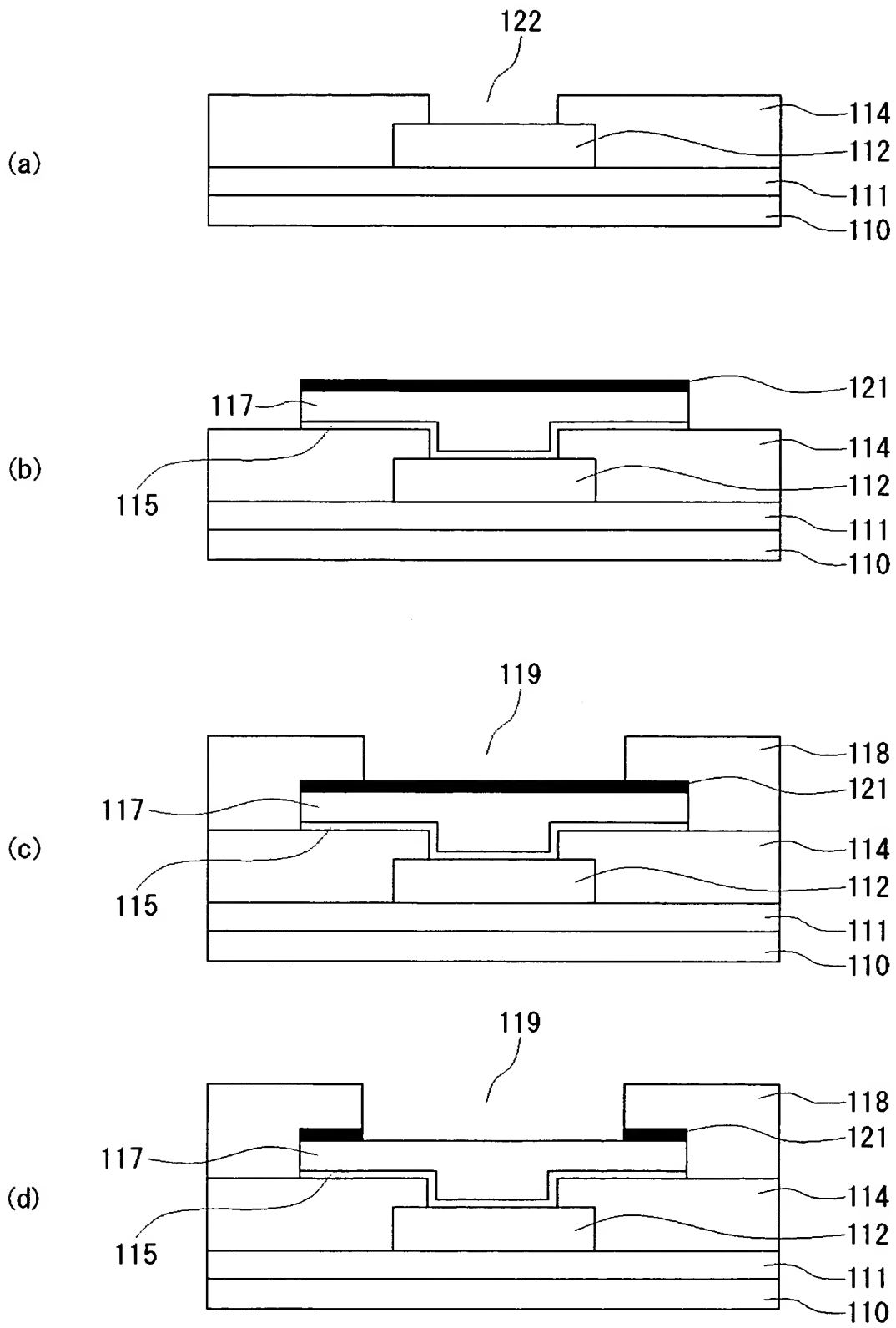


【図 9】

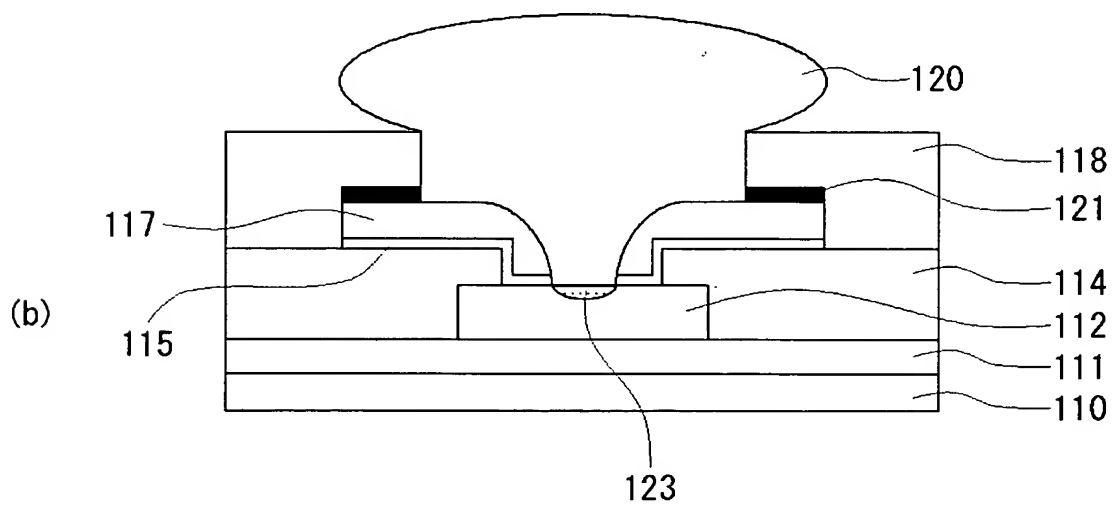
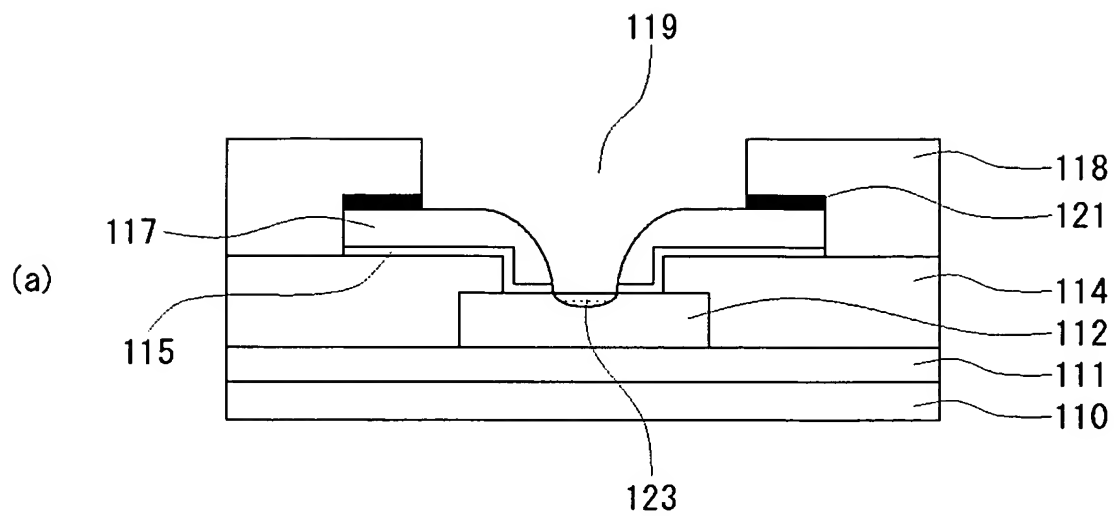
(c)



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 半導体装置の上面方向からの耐衝撃性を向上させる。また、最上層配線の表面の耐食性を向上させる。また、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の上層に生じる亀裂を抑制する。また、良品／不良品選別過程で電極パッドの表面にプローブを突き当てた際の配線層の腐食を防止する。

【解決手段】 Cu配線112の上部にTi膜116、TiN膜115、パッド金属膜117を順次形成する。不活性ガス中で熱アニールを施し、Ti-Cu層113を形成した後、ポリイミド膜118を形成し、カバースルーホールを設けてパッド金属膜117表面を露出させ、ハンダボール120を接合する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 8 4 9 1 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[3 0 2 0 6 2 9 3 1]

1. 変更年月日

2 0 0 2 年 1 1 月 1 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市中原区下沼部 1 7 5 3 番地

氏 名

N E C エレクトロニクス株式会社